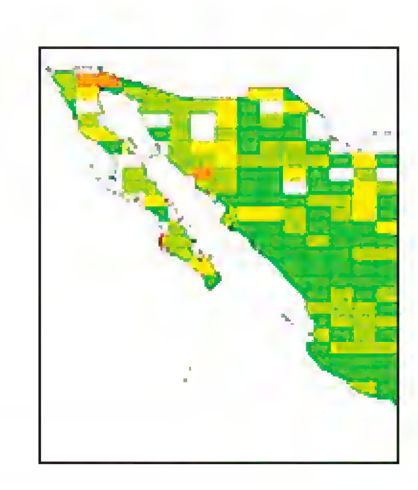
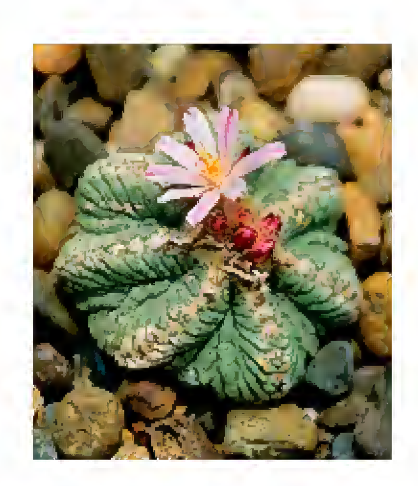


ANÁLISIS ESPACIAL DE LA RIQUEZA DE ESPECIES
PÁG: 6



COMERCIO DE CACTÁCEAS MEXICANAS Y PERSPECTIVAS PARA SU CONSERVACIÓN
PÁG: 11



NÚM. 68 SEPTIEMBRE-OCTUBRE DE 2006

ISSN: 1870-1760

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y US IODIVERSIDAD

LA TUNA

Uno de los íconos más representativos de la cultura mexicana es el nopal, parte importante del legado de nuestros pueblos prehispánicos. Existen evidencias de su uso desde hace más de 9 000 años, pertenece a la familia Cactaceae, subgéneros *Opuntia* y *Nopalea*. En el mundo se conocen aproximadamente 200 especies, a partir de una complicada y controversial clasificación taxonómica; su identificación se dificulta por su alto nivel de hibridación. Son originarias del continente americano y se encuentran desde el norte de Canadá hasta el sur de Chile. Actualmente se han introducido en más de 30 países, donde se aprovechan en la producción de tuna, verdura, forraje y como substrato en la cría de la cochinilla; así, se ha transformado en una planta cosmopolita.



Santiago de Jesús Mendez Gallegos* y Javier García Herrera**

LA TUNA: PRODUCCIÓN Y DIVERSIDAD



Botones, flores, y frutos en la misma planta de nopal rojo pelón cultivado.

Fotos: © Fulvio Eccardi

Nuestro país tiene la mayor diversidad y abundancia de especies (alrededor de 80) y cultivares (aproximadamente 150) de nopal a nivel mundial, por lo cual se le considera como centro de origen y dispersión de la planta. Desde el punto de vista económico-social, sus múltiples características nutritivas, terapéuticas, químicas, industriales, ecológicas y simbólicas, entre otras, hacen del nopal el recurso natural más importante para los habitantes de las zonas áridas de México, ya que mediante su producción o recolección y venta, tanto de frutos, como de brotes tiernos (nopalitos), obtienen un ingreso económico adicional.

El potencial productivo del nopal en México, el cual le permitiría liderar el mercado mundial de tuna, radica en la riqueza y diversidad de su material genético, la superficie establecida, la diversidad de las zonas agroclimáticas donde están ubicadas las regiones productoras, los bajos requerimientos tecnológicos y el limitado uso de insumos que intervienen en su producción, así como en el conocimiento tradicional que existe acerca de su aprovechamiento y utilización. Todo ello facilita su adopción por productores potenciales, pues representa una buena alternativa rentable de producción.

La producción de tuna

Una de las grandes ventajas que posee nuestro país en la producción de tuna es la riqueza genética del nopal; ésta permite ofrecer al mercado frutos con una diversidad de tonalidades (rojo, blanco, amarillo) y con una amplia estacionalidad, frutos de maduración temprana (mayo), intermedia (agosto) y tardía (noviembre), con lo cual se puede tener presencia en el mercado la mayor parte del año. Además, la diversidad de cultivares brinda frutos con diferentes características, como la forma, el sabor (ácidos y dulces) y el tamaño, frutos con altos porcentajes de semillas abortivas, con presencia de antioxidantes, etc. Por el contrario, en la mayor parte de los países donde se produce tuna comercialmente, la producción depende de uno o dos cultivares.

En México, la producción de tuna, en la que participan alrededor de 20 mil productores, ocupa una superficie aproximada de

65 000 hectáreas y se concentra principalmente en tres regiones: Puebla (Acatzingo y Quecholác), Valle de México (Estado de México e Hidalgo) y el Altiplano Potosino-Zacatecano (Aguascalientes, Jalisco, Guanajuato, San Luis Potosí y Zacatecas). La última, aporta cerca de 50% del volumen total de la producción nacional. El rendimiento promedio es de alrededor de 7 toneladas por hectárea con oscilaciones entre las distintas regiones productoras de entre 5 y 20 toneladas por hectárea. La interacción genotipo-ambiente en cada una de estas regiones permite la maduración de los diferentes cultivares, desde el mes de mayo hasta noviembre.

Por otro lado, el avance tecnológico en prácticas como el forzamiento de la producción (adelanto o atraso de la cosecha) mediante diversas técnicas (riego, decapitación de yemas, fertilización, etc.), la incorporación de zonas con mayor potencial, que cuentan con características climáticas más benignas (Acatzingo, Puebla; Jalpa y Juchipila, Zacatecas; Amacueca y Sayula, en el estado de Jalisco, etc.), que permiten la maduración anticipada o bien tardía de los frutos, así como el empleo de métodos de postcosecha, que mantienen su calidad y sus características organolépticas por más tiempo, son la base principal para que el fruto esté presente en casi todo el país durante al menos diez meses del año, lo que resulta poco común en el caso de otros tipos de frutos. Esto permite la comercialización en condiciones más favorables para el productor y aumenta las posibilidades de lograr mejores oportunidades para el mercado de la tuna.

Sin embargo, la tuna no siempre fue muy apreciada, ya sea por el desconocimiento de sus propiedades, la presencia de glóquidas (espinas deciduas, delgadas y cortas) y de semillas grandes y numerosas, o porque su consumo se ha asociado a la penuria. A pesar de ello, este fruto puede considerarse entre los más nutritivos y saludables, con características organolépticas únicas; se obtiene por medio de técnicas tradicionales (compatibles y respetuosas con el ambiente) y con bajos niveles de insumos e inversiones; además, sus características morfológicas y fisiológicas particulares, les confieren una notable capacidad de adaptación a los ambientes más hostiles, donde se multiplican y desarrollan fácilmente, proporcionando una productividad más alta que la de muchas de las actuales plantas cultivadas. Sin duda, ello permite que este cultivo sea de fácil adopción por los productores, brindando tanto una alternativa económica y social de producción, como más oportunidades de ocupación en el medio rural.

La tuna en Italia

La producción italiana está basada en el cultivo especializado de 8 000 hectáreas de una sola especie y tres variedades, amarilla, roja, y blanca con una amplia predominancia del cultivar amarilla (90%). Recientemente, se está intensificando el establecimiento de un cultivar llamado Apirena, el cual tiene como principal característica contener un alto porcentaje de semillas abortivas. Su producción se concentra particularmente en Sicilia (95%), en las colinas de San Cono, Santa Margherita Belice, Miletello Val di Catania e Belpasso, pero ahora también se produce, aunque en menor proporción, en Puglia, Calabria y Cerdeña. Su sistema de cultivo se caracteriza por la utilización de una alta densidad de plantación conformando setos, así como por el uso de sistemas de riego y prácticas de cultivo como la "scozzolatura" (atraso o demora de la cosecha, mediante la eliminación de las yemas que aparecen en la primavera para alcanzar la maduración hasta el otoño), el aclareo del fruto y altas dosis de fertilizantes, entre otras. Italia es

Nopal silvestre de tuna cardona.



Cosecha de tuna blanca, variedad cristalina en La Victoria, municipio de Pinos, Zacatecas.

considerada la principal zona exportadora a nivel mundial, ya que se obtienen rendimientos de hasta 25 toneladas por hectárea. Además, un importante volumen de la producción es recolectado en plantas de nopal espontáneas que se desarrollan en serranías, terrenos ociosos e improductivos e incluso en huertos en combinación con cítricos y olivo. Adicionalmente, ese país dispone de mejores instalaciones para el empaque y excelentes redes de distribución.

Limitantes de la producción de tuna

A partir de diversas investigaciones y estudios de mercado, se ha concluido que el principal problema que enfrentan los productores de tuna es la comercialización, resultado del alto nivel de intermediarismo que existe. Un reducido porcentaje de los productores logra exportar y lo hacen en forma individual, creando sus propios medios para lograrlo. Entre las diversas razones que impiden el fortalecimiento de la exportación destacan la nula organización de los productores, la falta de apoyo institucional o bien la saturación del mercado nacional y, en ocasiones, la mala calidad del producto. Otro aspecto importante es el gran desconocimiento del mercado internacional entre los productores y, en el plano nacional, que no se ha podido incursionar en las costas y en el sureste del país.

Por ello, para hacer más eficiente la comercialización, es necesario detectar más y mejores áreas de oportunidad, fomentar la organización entre los productores y establecer un ambicioso programa de mercadotecnia en ferias y exposiciones, para ofertar la tuna; pero, sobre todo, resulta improrrogable incrementar los rendimientos y mejorar los procesos de empaque y terminado final, enfatizando el cumplimiento de los requerimientos sanitarios y de calidad que demandan los importadores.

El cultivo de tuna en México

La producción nacional de tuna está atomizada y dispersa, porque la superficie promedio por productor no alcanza, en la mayoría de los casos, las cinco hectáreas y es principalmente de propiedad ejidal. Por otra parte, un alto porcentaje de los huertos pueden considerarse viejos, ya que su edad es superior a 20 años, y es posible afirmar que se avecina una etapa de improductividad, por lo que resulta urgente un programa de rehabilitación agronómica y de reordenamiento. Otro problema es la edad promedio del productor de tuna, que rebasa los 50 años. La tendencia de que la población de mayor edad sea la que se dedique a las actividades agropecuarias y que los jóvenes emigren para buscar empleos en otras ciudades o bien en el extranjero, se traduce en un paulatino abandono del campo.

En nuestro país existen grandes diferencias en el rendimiento, lo que se relaciona directamente con el bajo nivel tecnológico adoptado por los productores en sus cultivos en regiones con restricciones climáticas para la producción (sequía, presencia de bajas temperaturas, etc.) y, por ende, con una alta siniestralidad, sumado al escaso manejo agronómico (menos del 10% de los productores realizan todas las prácticas agrícolas recomendadas) y a la incidencia de plagas y enfermedades. Los productores tienen como actividades principales el cultivo de maíz y de fríjol, así como la ganadería, mientras que el cultivo de nopal se considera como una actividad complementaria para obtener recursos económicos adicionales.

En este contexto, para fortalecer la producción nacional de tuna es necesario capacitar a los productores en la aplicación de innovaciones tecnológicas, así como en la integración de organizaciones o asociaciones que les permita mejorar los canales de comercialización y, con ello, acceder a otros mercados. Otra vertiente de acción sería la obtención de productos con un mayor valor agregado, mediante la industrialización. Asimismo, se debe impulsar la venta directa a los grandes centros comerciales y tiendas de autoservicio, lo que requiere contar con la suficiente in-



Desespinado mecánico y empacado de las tunas en una planta procesadora en Zacatecas.

fraestructura de acopio, empaque, almacenamiento y distribución.

Aspectos del potencial de exportación

El mercado internacional de la tuna está restringido a nichos de consumidores con características sociales y culturales bien definidas, son los que muestran una gran lealtad hacia los productos tradicionales de sus países de origen. Particularmente, en los Estados Unidos (en las ciudades de San Antonio, Chicago, Los Angeles, Miami y Nueva York) y Canadá (en Montreal, Toronto, Edmonton y Vancouver), la demanda de productos típicos o tradicionales, como la tuna, se focaliza en los consumidores mexicanos, latinoamericanos y europeos de origen latino. A pesar de que México es el primer productor mundial de tuna, no ha podido acceder al mercado de otros países, como lo han hecho Italia, Israel, Sudáfrica y Chile, los cuales no cuentan con la diversidad ni con la calidad de las tunas mexicanas; incluso, la presencia de México en el mercado internacional está amenazada por el ingreso de productos provenientes de esos países y de otros, como Colombia, Ecuador y China, cuya ventaja radica en que acceden al mercado internacional en el invierno del hemisferio norte.

Diversas regiones del mundo, como Europa Occidental (particularmente Alemania, Inglaterra, Italia, Grecia, España y Francia), los países árabes y los asiáticos (Japón, Taiwan y Corea, los cuales han desarrollado un importante consumo de frutas exóticas), representan un mercado potencial altamente factible de desarrollar. Sin embargo, el posicionamiento de México en estas regiones se ve limitado por la lejanía, que eleva el costo del transporte, así como por la ausencia de técnicas de preenfriado y conservación adecuadas. En este sentido, las posibilidades de enviar productos con un procesado mínimo y congelados representan una gran ventaja para acceder a dichos mercados.

Recientemente, se ha detectado la tendencia de incrementar el valor agregado de la tuna, mediante el desarrollo de subproductos con potencial económico. Sin embargo, es necesario generar productos innovadores, de buena calidad y a precios accesibles. En este aspecto, resulta esencial desarrollar una política de apoyos y de fomento a la organización, para convertir esta actividad en una fuente importante de empleos rurales, de ingresos y de divisas para el país.

La creciente necesidad de incrementar la producción de alimentos con cada vez menos recursos, así como la presión de los consumidores por adquirir alimentos más sanos y de alta calidad, representan una excelente oportunidad para que la planta de nopal sea, en los albores del nuevo milenio, más valorada y apreciada, por su adaptabilidad a ambientes con recursos limitados, su función productiva y protectiva, sus reducidas necesidades de manejo y sus aplicaciones potenciales en los campos de la medicina, la industria y la alimentación.

*Profesor investigador del Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí. <jmendez@colpos.mx>

**Colegio de Postgraduados Campus San Luis Potosí.



Javier Colín[1], Pedro Maeda[2], Enrique Muñoz[3]

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA RIQUEZA DE ESPECIES

En el análisis espacial de la riqueza de especies, la escala geográfica juega un papel relevante. Prueba de ello son los trabajos en uno de los grupos mejor estudiados dentro de nuestro territorio, los mamíferos terrestres, donde se han empleado diversas escalas espaciales. Actualmente, la evaluación de la diversidad es quizás uno de los problemas más urgentes y aún cuando se dispone de una gran cantidad de información, en la mayoría de los casos ésta resulta insuficiente para generar un diagnóstico preciso de la ubicación y valor real de las especies.

Los resultados del esfuerzo por conocer la variedad de especies presentes en nuestro país se encuentran resguardados, principalmente, en las colecciones científicas de museos especializados, tanto nacionales como extranjeros. De este vasto universo de ejemplares se ha capturado sólo una pequeña porción en bases de datos digitales, las cuales representan un importante insumo para realizar estudios en distintas áreas de la biología.

Dejando a un lado las discusiones académicas de los conceptos de biodiversidad y escala, que se abordan desde puntos de vista tanto epistemológicos como ontológicos, entendemos aquí como diversidad biológica la totalidad de manifestaciones que tiene la vida en la Tierra, pero reconocemos que el parámetro de medición más utilizado es el de riqueza específica, definido como el número de especies presentes en un sitio.

Actualmente, contamos con la teoría y las metodologías estadísticas suficientes, así como con poderosas herramientas computacionales (sistemas de información geográfica y manejadores de bases de datos), para estimar la riqueza de especies de casi cualquier superficie del planeta; las limitantes para su valoración precisa radican en la calidad de los datos taxonómico-geográficos de las bases de datos disponibles. Por otro lado, la gran cantidad de índices que existe para medir la riqueza de especies (Fig. 1), generalmente conocida entre los biólogos como diversidad alfa, permite seleccionar aquel que mejor se adapte a las características de nuestros datos. No obstante, el concepto de diversidad alfa no hace explícita la unidad de área que tiene que considerarse en un análisis y sólo señala que deberá ser un "sitio" suficientemente homogéneo para establecer dicha unidad. De la misma manera, la diversidad gamma, concebida como la riqueza de una región, no ofrece una noción clara del área comprendida. Por ello, cuando se analiza un conjunto de especies dentro de una gran extensión territorial, la cual es fragmentada, el problema del efecto de la escala se hace patente y muestra resultados que sólo pueden explicarse en función de los elementos que componen el concepto: la extensión y el nivel de detalle.

Diversidad alfa	*Riqueza específica*	*Índices*		Riqueza de especies
				Margalef
				Menhinick
				Alfa de Williams
		Rarefacción		Rarefacción
		Funciones de acumulación		Logarítmica
				Exponencial
				de Clench
		Métodos no paramétricos		Chao 2
				Jacknife de 1° orden
				Jacknife de 2° orden
				Bootstrap
	Estructura	*Modelos paramétricos*		Serie geométrica
				Serie logarítmica
				Distribución log-normal
				Modelo de vara quebrada
		Métodos no paramétricos		Chao 1
				Estadístico Q
		Índices de abundancia proporcional	*Índices de dominancia*	Simpson
				Serie de Hill
				Berger-Parker
				McIntosh
			Índices de equidad	Shannon-Wiener
				Pielou
				Brillouin
				Bulla
				Equidad de Hill
				Alatalo
				Molinari

Figura 1. Índices de diversidad alfa.

Fuente: Moreno, 2001.

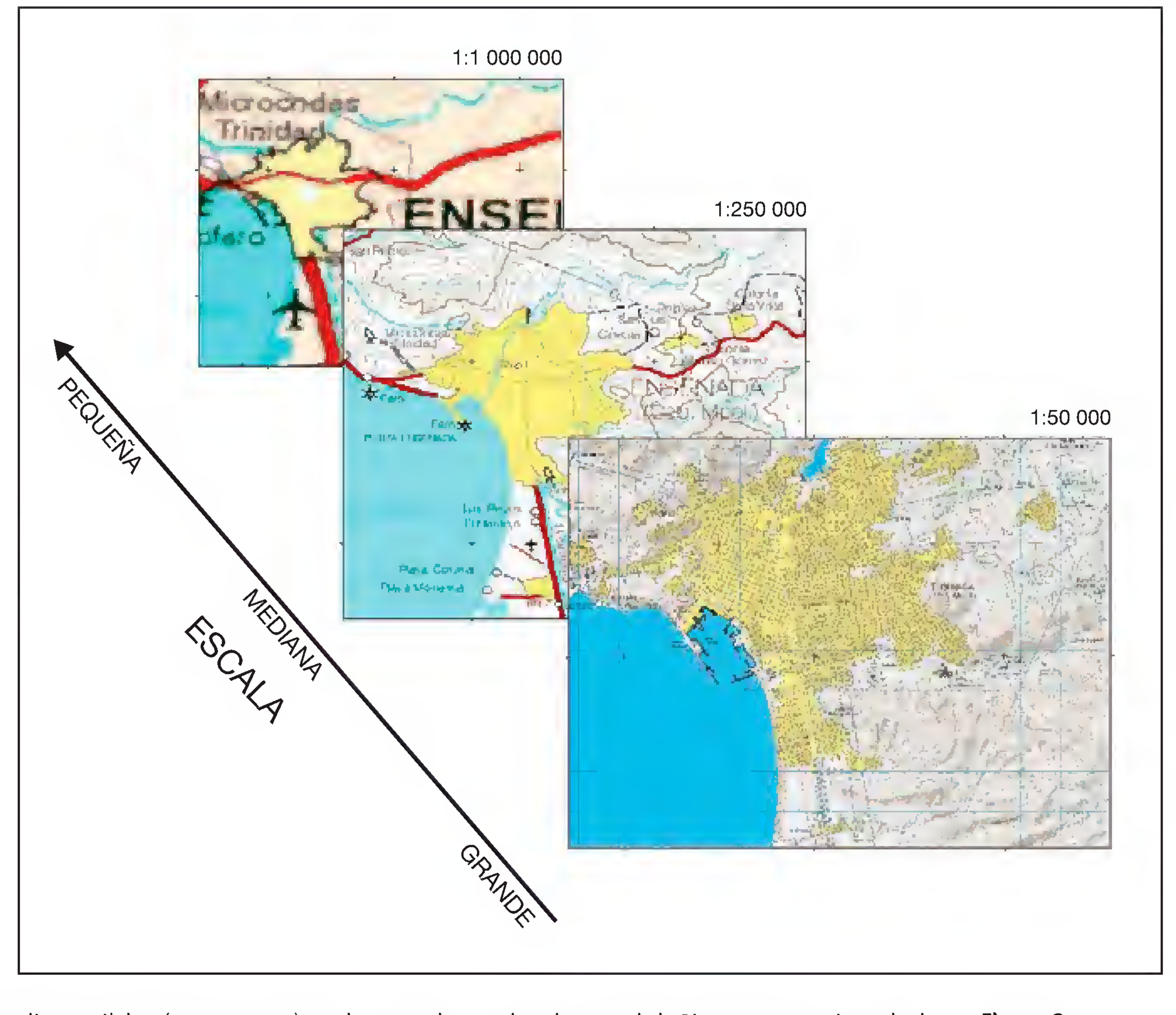


Figura 2. Información geográfica en diferentes escalas.

Fuente: INEGI.

Para conocer la riqueza específica de un área o sitio determinado necesitamos contar con un censo de especies y si adicionalmente sabemos el número de individuos observados, podríamos calcular, además del índice de riqueza de especies, los índices de Margalef, Menhinick y el alfa de Williams. Sin embargo, como generalmente no se cuenta con el inventario completo de un sitio o área determinada y lo que se tiene son solamente muestreos, resulta indispensable recurrir al modelado, con la finalidad de obtener un valor estimado de la riqueza real del sitio. Entre los tipos de modelos existentes están las funciones de acumulación de especies y los métodos estadísticos no paramétricos. Es en este último grupo de modelos donde se encuentra el Chao 2, la base sobre la que se construye el estimador no paramétrico ICE (Smith y van Belle 1984; Colwell y Coddington, 1994; Palmer, 1990).

El estimador de riqueza ICE y la escala geográfica

Utilizamos el estimador de cobertura basado en incidencia ICE (por sus siglas en inglés Incidence-based Coverage Estimator) porque es un estimador no paramétrico; es decir, no supone ningún tipo de distribución, ni se ajusta a un modelo determinado. Adicionalmente, este estimador solamente requiere datos de presencia, que es precisamente el tipo de datos con los que contamos.

Dos elementos intervienen en el cambio de escalas en los estimadores de riqueza: la información disponible (constante) y la escala de análisis o resolución (variable). Por lo tanto, los valores de riqueza expresados en número de especies por unidad de área variarán dependiendo de la escala empleada.

Por otro lado, los componentes que explican la escala geográfica son la extensión del territorio y el nivel de detalle asociado a éste, que se interpreta como el número de veces en que la realidad es reducida para su consideración. Esta relación se expresa bajo la forma de una fracción (escala numérica), la cual se interpreta de la siguiente manera: cuando su denominador es grande, la escala es pequeña y el detalle menor, y cuando el denominador es pequeño la escala es grande y el detalle mayor (Fig. 2).

Las relaciones entre la escala del mapa, la cantidad de información y el tipo de estudio quedan sintetizados en el esquema propuesto por Bartkowski en 1979 (Fig. 3).

La aplicación de un índice de biodiversidad a diferentes escalas

La información utilizada para este ejercicio, tal como se expone en la figura 4, proviene de las bases de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB), constituido por todas las bases de datos proporcionadas por los proyectos apoyados por la Conabio en todo el país (Conabio, 2005). Contiene el nombre de la especie (taxón), la fecha y las coordenadas geográficas de la colecta, que es lo necesario para aplicar el estimador ICE.

Se analizaron los valores de riqueza estableciendo diferentes unidades geográficas. Un programa creado por uno de los autores en *Visual Basic* permite utilizar como unidad geográfica de análisis superficies de diferentes formas y tamaños, como entidades federativas, Áreas Naturales Protegidas, Ecorregiones, así como mallas regulares, entre otras.

Como el objetivo es analizar el efecto de la escala sobre la estimación de la riqueza, decidimos utilizar mallas rectangulares, las cuales permiten hacer cambios en forma más sencilla por la homogeneidad de su forma. Todas las mallas cubren la misma extensión geográfica, delimitada por las coordenadas extremas del país. A partir del nivel de menor detalle

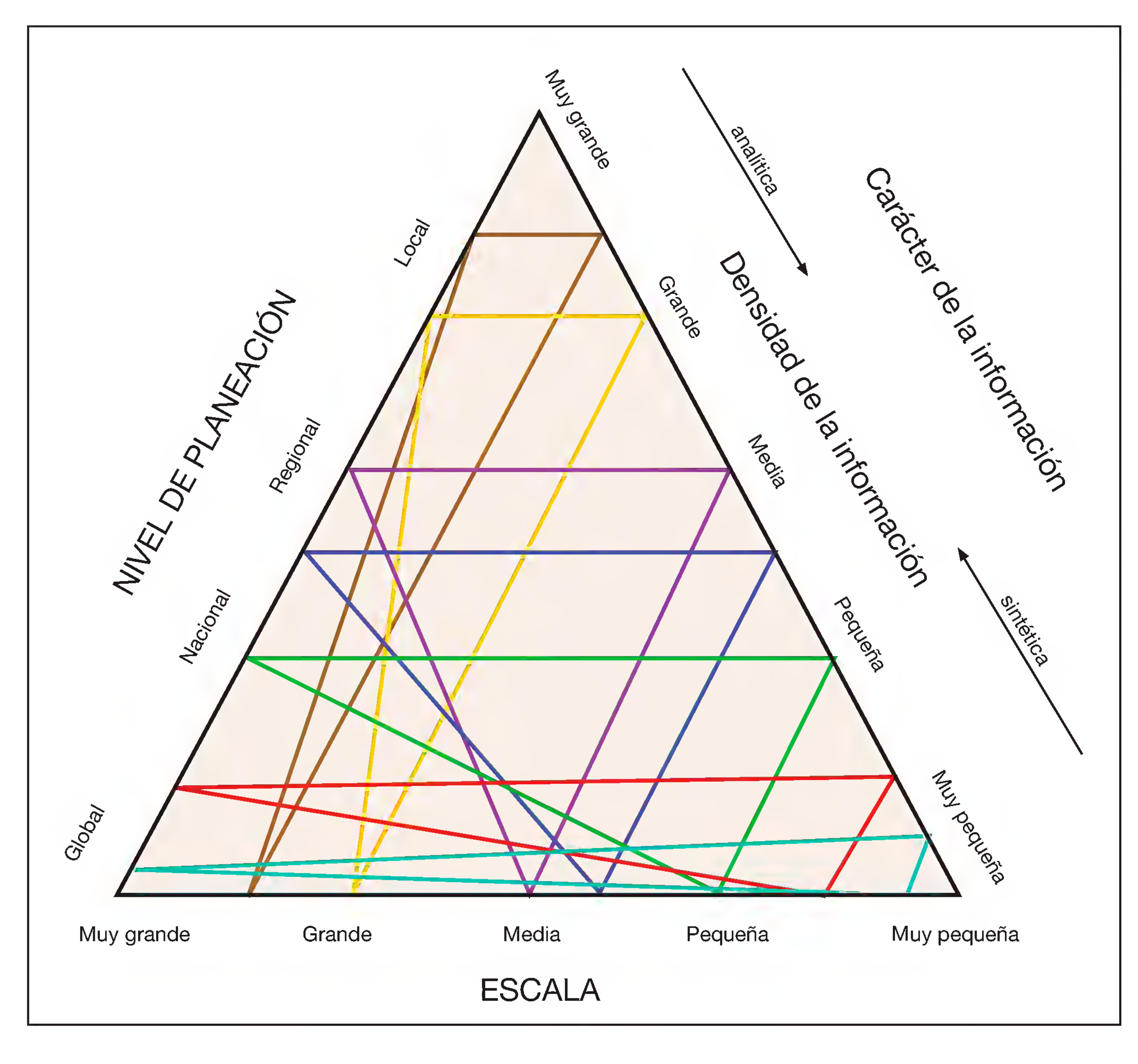


Figura 3. Relación entre la escala del mapa, la cantidad de información y el tipo de estudio. (Bartkowski, 1979)

(un solo rectángulo) las mallas subsiguientes fueron el resultado de la división de cada unidad (rectángulo) en cuatro, incrementando la cantidad de unidades en la medida que aumentamos el detalle. Para el manejo de la escala en las mallas se considera la partición 0 como una escala pequeña y conforme el número de particiones es mayor la escala se hace más grande (Fig. 5).

Riqueza conocida y estimada

La información está representada con base en el índice de completitud (c), el cual muestra la relación entre el número de especies conocidas y el número de especies estimadas a través del estimador ICE expresado en porcentaje. Este índice puede interpretarse como el nivel de conocimiento actual respecto a un valor "real" modelado por unidad de área analizada.

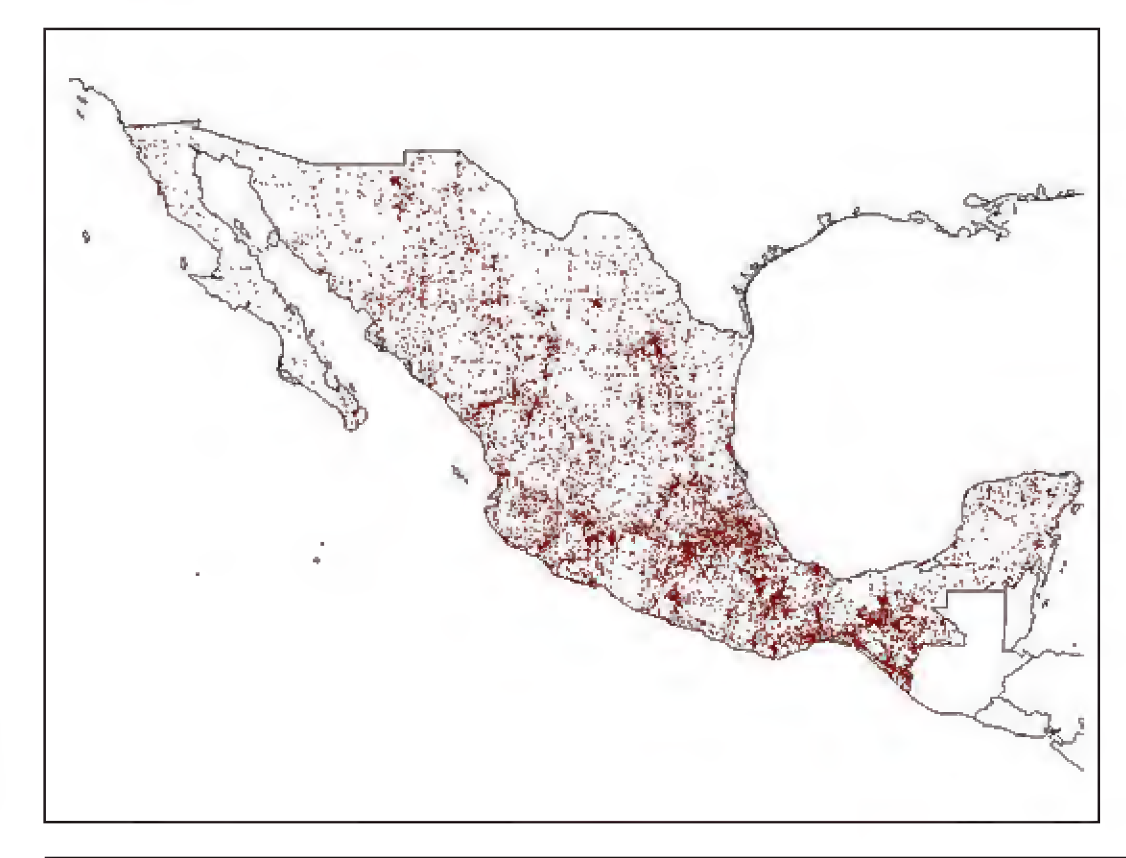
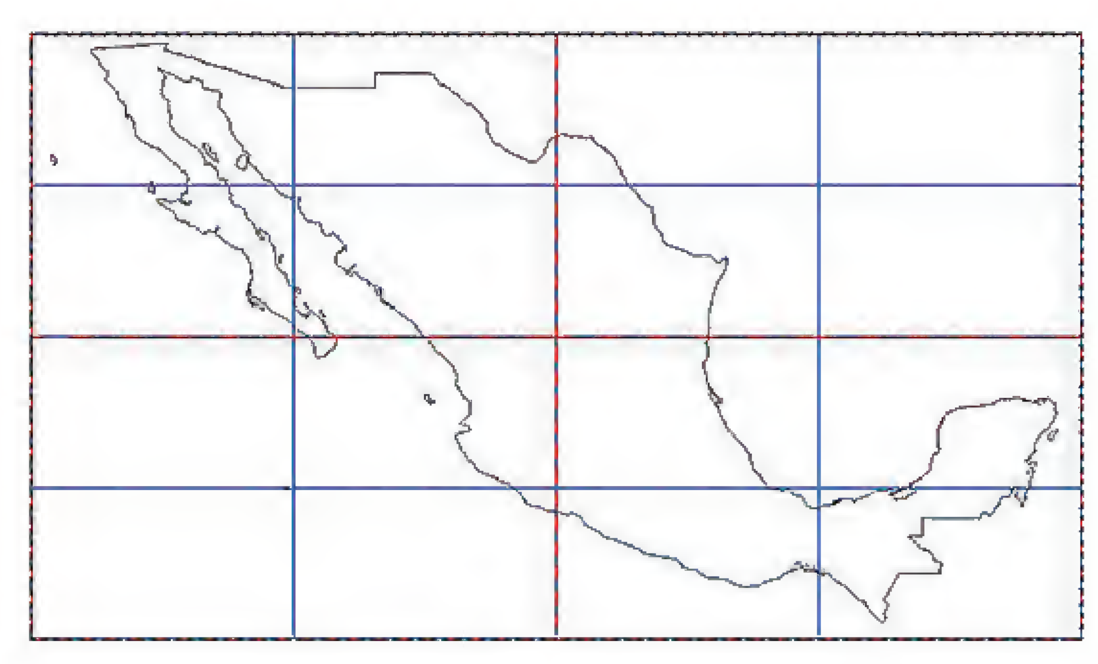


Figura 4. Sitios de colecta de mamíferos. Fuente: SNIB

El uso de mallas con diferente número de particiones (Fig. 6) revela que en escalas pequeñas (poco detalle y pocas divisiones) el nivel de conocimiento es alto (para la partición *P = 0*, el índice de completitud *c = 98%*), pero cuando aumentamos la escala y, por lo tanto, el número de divisiones, el índice de completitud disminuye en promedio, pero la dispersión de sus valores aumenta (por ejemplo, para las particiones *P = 4* y *P = 7*, los valores promedio del índice c son 70.1% y 16.7% respectivamente, mientras que la dispersión o Coeficientes de Variabilidad son 3.48 y 5.83). Sin embargo, el efecto más notable del cambio de escala se deriva de la ausencia de información, lo que impide la asignación de valores de riqueza estimada en gran parte de la superficie del país. Esto obedece a dos razones: la primera es que al dividir en celdas más pequeñas, el efecto de agrupación es menor y se vuelve importante el sesgo de muestreo (usualmente concentrado a lo largo de las vías de comunicación y los centros de mayor población); la segunda es que, en ciertos casos, el estimador utilizado se indetermina, cuando por las características de la muestra, ésta no reúne los requisitos para su cálculo.

Otra forma de presentar los resultados es por medio de un histograma (Fig. 7a), en el cual la altura de la barra representa el total de la superficie terrestre del país. Las cuatro primeras particiones cubren todo el territorio y muestran que el conocimiento de la riqueza de



Coordenadas extremas (119º0'0"W, 14º0'0"N) (86º0'0"W, 33º0'0"N) Partición
0 1 2

Partición *P*	Área km^2	Número de rectángulos
0	7 740 725.2	1
1	1 935 181.3	4
2	483 795.3	16
3	120 948.8	64
4	30 237.2	256
5	7 559.3	1 024
6	1 889.8	4 096
7	472.5	16 384
8	118.1	65 536

Nivel de escala considerado (partición) y su relación con el número de rectángulos y la superficie de éstos.

Figura 5.
Ejemplo de mallas y tabla asociada.

especies en estos niveles de detalle, a escalas pequeñas, es bueno. A partir de la quinta partición, resulta patente la ausencia de información, lo que nos muestra que en las escalas grandes aún se requiere de enormes esfuerzos de colecta, ya que la magnitud del área sobre la que puede decirse algo con respecto a su riqueza disminuye de manera logarítmica, como se muestra con la línea negra en la gráfica (Fig. 7b), hasta representar tan sólo una décima parte de la superficie. Finalmente, observamos que disminuye el nivel de conocimiento de aquellas áreas en las que podemos obtener valores estimados de riqueza, pues se transita de valores de completitud altos, en la mayoría de los sitios, a valores equitativamente distribuidos con respecto a su categoría, de entre poco hasta bien conocidos, lo cual indica que aquellos sitios de los que podemos hablar con mucho detalle sobre su riqueza, en promedio no están bien conocidos.

Conclusiones

La primera conclusión es que la escala geográfica sí tiene un efecto directo en la estimación de la riqueza de especies, en particular sobre el estimador ICE.

Si el conocimiento de la biodiversidad del territorio es incompleto, el esfuerzo necesario para completarlo puede ser de tales proporciones, que resulta imposible en el mediano plazo obtener una aproximación fiable del reparto espacial del número de especies. Aunque es descorazonador, no se debe descartar que esta situación sea frecuente, incluso en aquellos grupos bien estudiados y en países con una larga tradición sistemática, como el nuestro. No obstante, en el nivel macro regional, con el estudio a escalas pequeñas y como resultado del efecto de la escala sobre los índices, es posible tener un diagnóstico confiable, si bien burdo, de la riqueza en nuestro país. Esta situación no es promisoria en escalas grandes, que son aquellas requeridas para aplicar programas de conservación, porque nuestro grado de conocimiento aún es limitado para la mayor parte del territorio.

El mismo índice se ha aplicado en otros grupos biológicos y diferentes unidades geográficas, por ejemplo, en el Corredor Biológico Mesoamericano-México (Chiapas), en Áreas Naturales Protegidas, en Regiones Terrestres Prioritarias y en los análisis específicos para el segundo estudio de país.

Bibliografía

Aguiló Alonso, Miguel *et al.* 1982. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico: Contenido y metodología*. Centro de Estudios de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente. Serie Manuales, núm. 3. MOPU. Madrid.

Bartkowski, T. 1979. *Ksztaltowanie i ochrona środowiska*. PWN, Varsovia.

Chao, A. y S.M. Lee. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. *Journal of the American Statistical Association* 87: 210-217.

Figura 6. Mapas de mallas del índice de completitud.

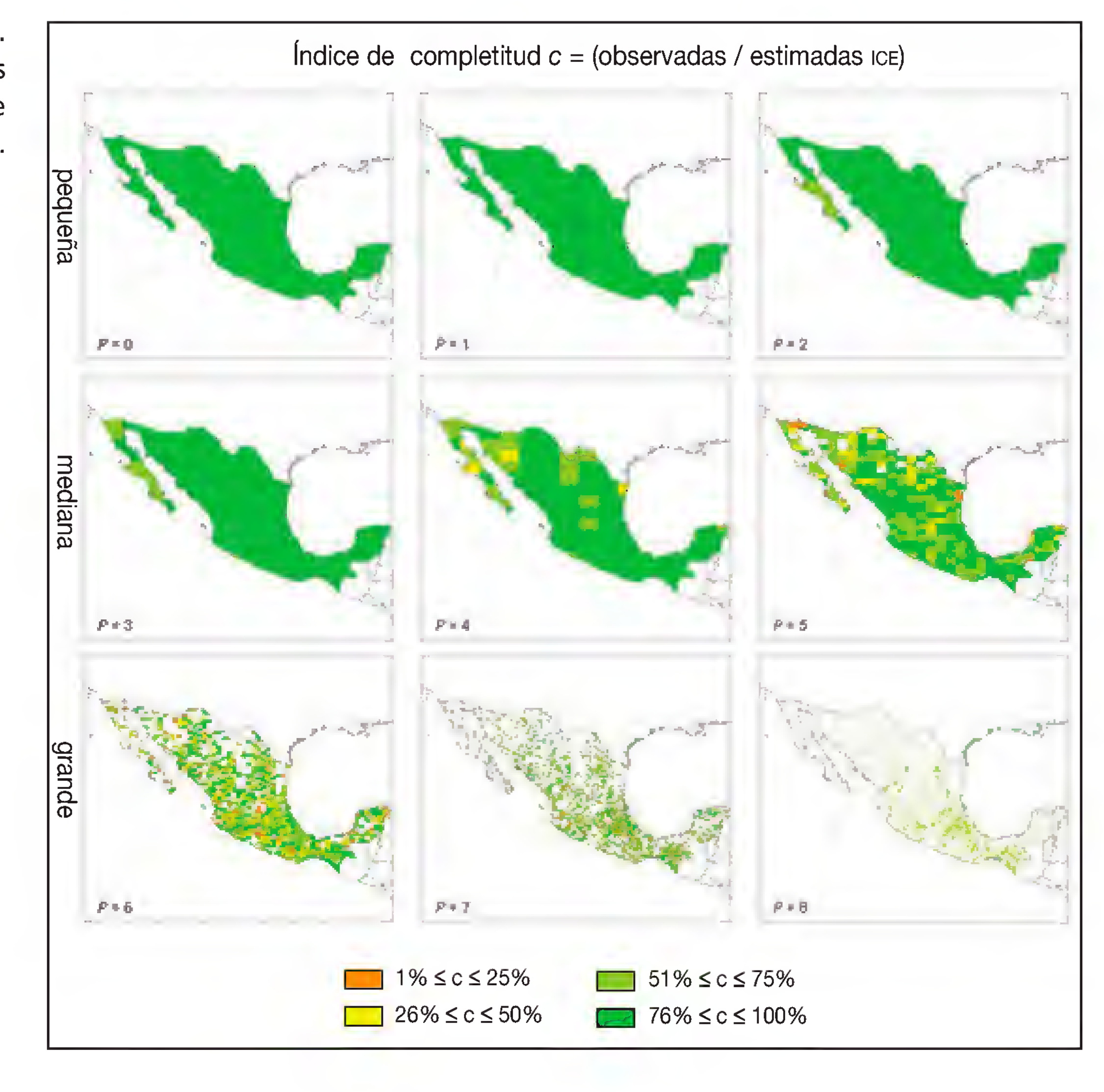
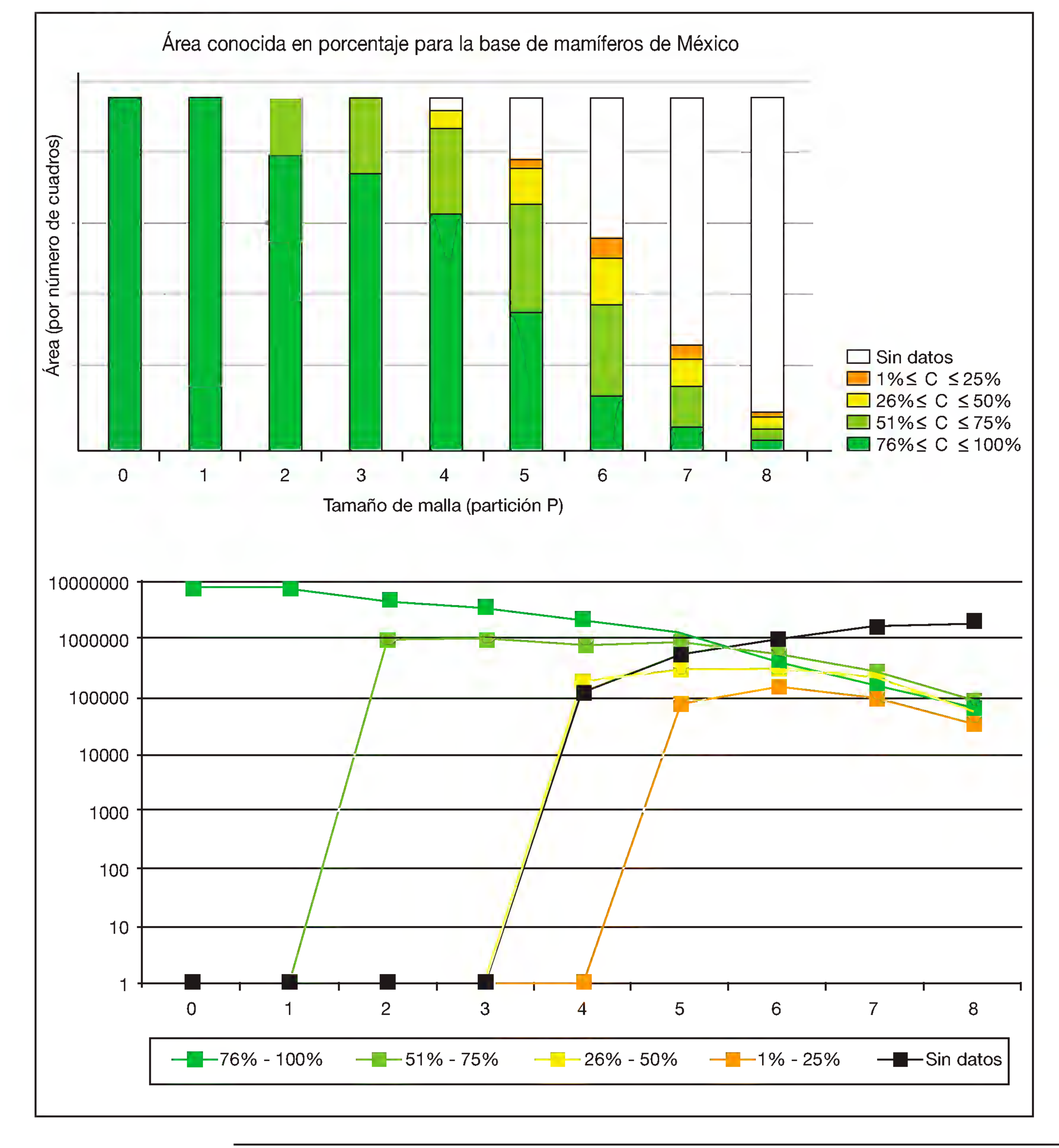


Figura 7 a y b.



Chazdon, R.L., R.K. Colwell, J.S. Denslow y M. Guariguata. 1998. Statistical estimation of species richness of woody regeneration in primary and secondary rainforests of NE Costa Rica, pp 285-309, en: Dallmeier, F., y J. Comisky, eds. *Forest Biodiversity in North, Central, and South America and the Caribbean: Research and Monitoring*. Parthenon Press, París.

Colwell, R.K. y J.A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (Series B) 345:101-118

Conabio. 2005. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (SNIB). Datos de los proyectos: A004 A026 AA003 B011 B033 B043 B067 B114 B144 BC004 H160 H291 J121 J123 L047 L313 M099 P008 P020 P027 P028 P060 P064 P085 P104 P130 P132 Q028 R044 R104 T009 U014 U030 V002 V050 W036 X011 Y021. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cgi-bin/proyectos.cgi?ComiteEval=1>

Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza.

Smith, E. P. y Gerald van Belle. 1984. "Nonparametric estimation of species richness." *Biometrics* 40: 119-129.

[1] Analista programador de SIG
[2] Analista de SIG
[3] Subdirector de SIG, Conabio, <ssig@xolo.conabio.gob.mx>

Rolando T. Bárcenas

COMERCIO DE CACTÁCEAS MEXICANAS Y PERSPECTIVAS PARA SU CONSERVACIÓN

De todos los desiertos mexicanos, el Desierto Chihuahuense es el más grande, alberga la mayor riqueza de cactáceas en el mundo (329 especies), pero se ubica entre los menos estudiados del continente. Las cactáceas del Chihuahuense se caracterizan por sus tamaños, que van desde pequeños hasta medianos, sus distribuciones geográficas restringidas y sus lentas tasas de crecimiento. La gran demanda nacional e internacional de ejemplares de estas especies con fines horticulturales, aunada a sus características biológicas, las colocan como una de las familias botánicas más amenazadas del planeta. La protección oficial de las cactáceas en México como recurso natural tiene cerca de 66 años, periodo en el cual instancias federales, estatales, municipales, organizaciones no gubernamentales, académicos y amantes de las cactáceas, han colaborado para perfeccionar un marco teórico y práctico para conservar y aprovechar estos recursos.

En 2003 fui invitado por TRAFFIC-Norte América, WWF, a participar en un estudio sobre el comercio de las cactáceas de la Ecorregión del Desierto Chihuahuense (Bárcenas, 2003). En ese momento la información sobre el comercio de las diferentes especies de cactáceas del Chihuahuense era escasa, general y fragmentada. Sin embargo, las visitas a los centros de producción y comercialización de México, resultaron muy productivas y llenas de sorpresas. El Instituto Nacional de Ecología (INE) contaba en ese año con 168 registros de viveros relacionados con actividades de comercialización y producción de cactáceas. Sin embargo, se constató que varios comercios no se encontraban registrados ante el INE y algunos de los establecimientos registrados en sus bases de datos ya no se dedicaban a las actividades de comercialización de cactáceas. En el transcurso del proyecto se visitaron 104 establecimientos en 31 ciudades de 13 estados del país, se encontró que solamente 10 viveros se dedicaban a la producción de cactáceas.



Cultivo en Italia de *Echinocactus grusonii*, especie endémica de México *y* prácticamente extinta en estado silvestre pero muy común en el comercio internacional.

La producción de cactáceas en México

Según los productores, existen diversas razones que hacen de estas empresas una actividad poco lucrativa y de alto riesgo. Un



Ejemplar en flor de *Ferocactus hamatacanthus*.
© Rolando Bárcenas

do y Alemania seguidos de Suecia, México, España, Italia y Canadá. Es interesante destacar que además de la posición hegemónica de los Estados Unidos en el número de especies de cactáceas comercializadas, 17% de éstas sólo pueden adquirirse en el comercio establecido dentro de ese país. Aquí llamamos a estas especies exclusivas. Generalmente no se exportan porque la mayoría de los viveros no cuentan o no quieren tramitar su afiliación con organizaciones internacionales de vigilancia como la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES), o no quieren o pueden tramitar los permisos fitosanitarios requeridos. El segundo lugar en diversidad de especies en el comercio establecido lo tiene el Reino Unido, con 197 especies, de las cuales tres solamente se comercializan en las Islas Británicas. Alemania posee números similares a los del Reino Unido, con 185 especies totales y cuatro especies exclusivas. En estas estadísticas, resalta la posición de México, que naturalmente posee el mayor número de especies y endemismos de cactáceas en el mundo, pero sólo se comercializan 91 especies y tres son exclusivas al mercado nacional. La diversidad cactológica comercializada en México representa sólo 28.6% de la comercializada en los Estados Unidos, aún cuando la mayoría de las especies son endémicas al territorio nacional. De las 329 especies nativas del Desierto Chihuahuense, en el país sólo 27.7% se comercializa en el mercado. En pocas palabras, en los

problema muy serio era el océano burocrático que se necesitaba cruzar para el establecimiento y funcionamiento de una empresa productora de cactáceas. Los numerosos trámites, que casi siempre resultaban muy complicados, se convertían en una barrera prácticamente infranqueable. Los actos de corrupción por parte de algunos inspectores también tuvieron un papel decisivo en la pérdida de sus actividades productivas y eran un constante dolor de cabeza para quienes seguían produciendo. La mayoría de los viveros de producción cumplen con las normas y reglas establecidas por la ley, pero requieren de reglas simples, claras, sin posibilidad de corrupción o con los mecanismos adecuados para combatirla efectivamente en caso de presentarse.

Reiteradamente, los productores también mencionaban la competencia desleal de comercializadores de plantas adquiridas ilegalmente, generalmente extraídas de sus hábitats naturales. La legislación mexicana en materia de recursos naturales prohíbe el comercio de ejemplares, partes o sus derivados colectados directamente de sus hábitats para su venta o comercialización, pero permite, con las autorizaciones adecuadas, la colecta de un reducido número de ejemplares para su propagación y posterior comercialización. El comercio ilegal atenta directamente contra la conservación de las poblaciones naturales, contra los productores establecidos que cumplen con todos los requerimientos de ley y contra la población en general, al no pagar impuestos y crear las condiciones para el empobrecimiento irremediable de la diversidad biológica nacional.

La posición de México en el ámbito del comercio internacional de cactáceas es ciertamente lamentable en relación con la diversidad de especies. Más de 300 especies de cactáceas del Desierto Chihuahuense, incluyendo sus zonas de influencia, se comercializan en forma estable fuera del país. Los líderes del comercio de cactáceas en orden de importancia son los Estados Unidos, el Reino Uni-

Estados Unidos se pueden encontrar casi la totalidad de las especies nativas de la porción mexicana de este desierto, mientras que en el comercio nacional solamente existen unas pocas.

La certificación de cactáceas

Un problema de difícil solución es determinar el origen de las plantas madre. La respuesta a la sencilla pregunta ¿de dónde provienen estas plantas? es muy complicada o prácticamente imposible de obtener con las técnicas tradicionales de inspección de ejemplares. Los certificados de origen que acompañan las plantas pueden ser falsificados o las plantas cambiadas por otras colectadas directamente de sus hábitats naturales, en lo que se ha denominado como "lavado de especies". En esta actividad se trafica con plantas ilegítimas bajo un esquema de legalidad en el que poco se puede hacer debido a la imposibilidad de constatar el verdadero origen de los ejemplares. Las opiniones técnicas sobre esto se basan en características visuales como el grado de hidratación de los ejemplares, los posibles daños a la epidermis y el estado de desarrollo de las raíces. Todos estos argumentos no pueden proveer una respuesta certera e inequívoca del origen de las plantas.

La imposibilidad de certificar inequívocamente la procedencia de los ejemplares violenta los objetivos de la Convención sobre la Diversidad Biológica o Cumbre de Río (CDB, <www.biodiv.org>) de la que México forma parte. Como no se puede asegurar que los ejemplares provienen de colecciones legales, y no de sus hábitats naturales, se atenta en contra de los objetivos de la Convención; es decir, se está faltando al compromiso de conservar la diversidad biológica, de utilizar los recursos biológicos de manera sustentable y de compartir de manera justa y equitativa los beneficios generados por el uso de los recursos genéticos.

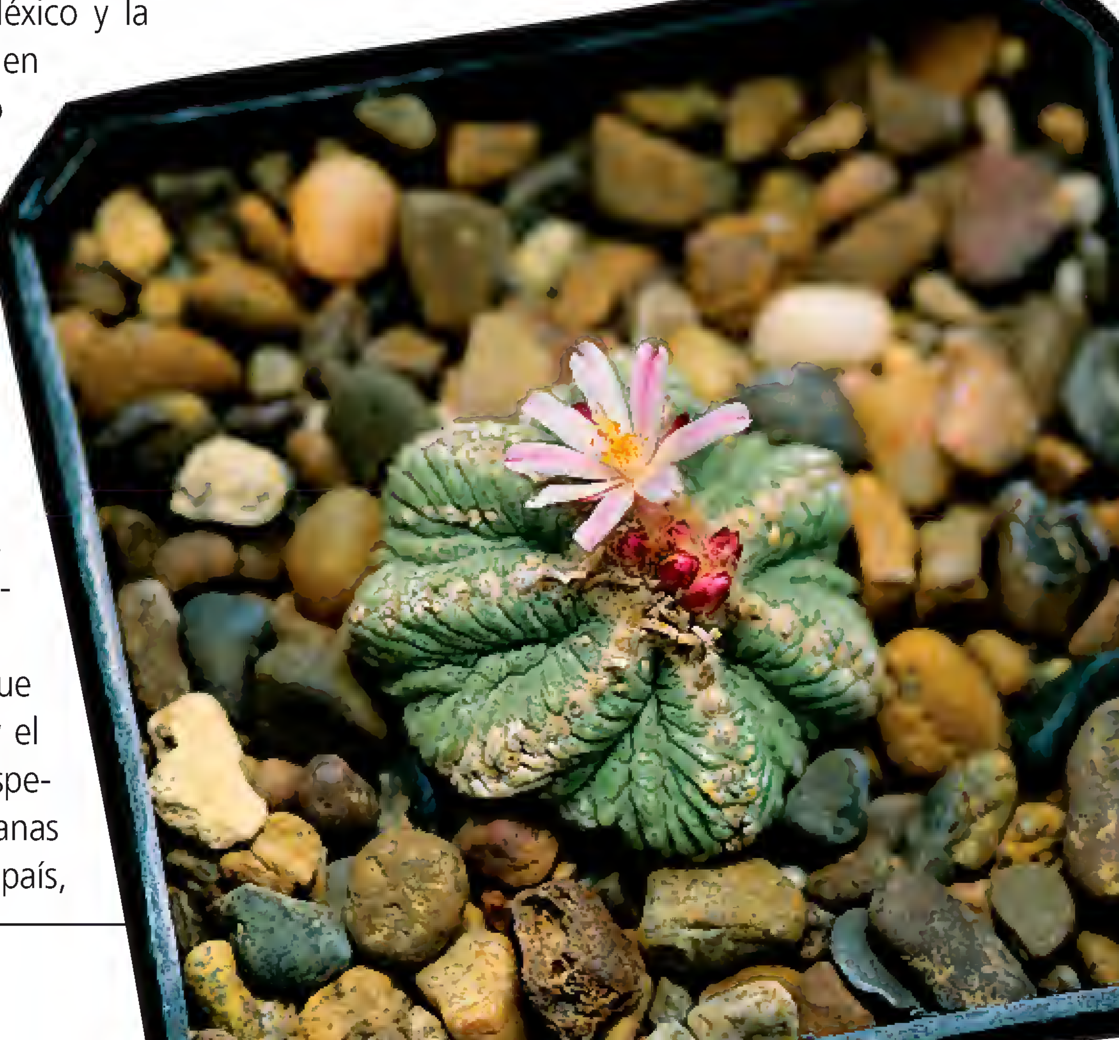
En busca de solventar esta importante deficiencia, la Iniciativa Darwin del gobierno de la Gran Bretaña aprobó el proyecto piloto binacional de "Certificación de Cactáceas Mexicanas Amenazadas de Zonas Aridas" <www.uaq.mx/ccma>. El proyecto, en el que participan la Universidad Autónoma de Querétaro en México y la Universidad de Reading en Inglaterra, tiene como propósito desarrollar un esquema de certificación molecular para determinar la procedencia de los ejemplares de cactáceas, ya sea en el comercio, las exportaciones, las importaciones, las colecciones o los decomisos.

En este proyecto, que apoya la conservación y el uso sustentable de las especies de cactáceas mexicanas de las zonas áridas del país, se planteó el desarrollo de un esquema de certificación molecular para cactáceas basado en las huellas moleculares de sus microsatélites y en apego a los objetivos de la Comisión sobre la Diversidad Biológica, la Comisión Internacional para el Tráfico de Flora y Fauna Silvestres, CITES y la legislación nacional en materia de recursos naturales.

La certificación en la realidad mexicana

Uno de los problemas más importantes en el país es la ausencia de un esquema de certificación de ejemplares producidos artificialmente, así como la gran oferta de especies colectadas ilegal-

Jardín de cactáceas de Villa Hambury, en Italia.
© Fulvio Eccardi



Ejemplar de *Aztekium ritteri* en flor, especie en peligro de extinción, proveniente de un decomiso realizado en Coahuila.
© Fulvio Eccardi

Vivero de reproducción de cactáceas en el Museo del Desierto, Saltillo, Coahuila.

© Fulvio Eccardi

mente de sus hábitats naturales. Estos inconvenientes crean condiciones injustas de competencia para los productores legalmente establecidos; además, pone en riesgo a las poblaciones naturales por medio del saqueo de poblaciones y el robo a la nación. Aunado a ello, la normatividad sobre recursos naturales puede eludirse significativamente por las dificultades en la correcta identificación de las especies, el intercambio de ejemplares o el lavado de especies en un permiso de exportación o de extracción.

El mecanismo de certificación propuesto, resultaría de gran utilidad en los casos donde se requiera la identificación certera de los ejemplares que van a comercializarse o exportarse, pues a diferencia de otros proyectos, como la inclusión de microchips en las plantas o las inspecciones visuales de los ejemplares, el ADN no puede extraerse o "borrarse" de los individuos, como tampoco se puede falsificar. Por ello, es de particular relevancia en el caso de México pues albergamos la mayor cantidad de especies de cactáceas en el mundo y cerca de 78% de ellas solamente crecen en el país. La certificación podría impulsar de manera importante la incipiente industria de la producción de cactáceas en el país, al asegurarle al productor, comercializador y consumidor final la legalidad del producto. De la misma manera, daría al productor una herramienta útil y certera para exportar sus productos sin desconfianzas o sospechas de ninguno de los participantes en la cadena de comercialización de sus ejemplares. Por otra parte, el almacenamiento de cientos de ejemplares decomisados en el país dejaría de ser un dolor de cabeza para las autoridades. Comparando las huellas moleculares de esos ejemplares contra una base de datos de individuos y poblaciones conocidas se podrían realizar actividades de reintroducción de las plantas a sus



Puesto de flores en una calle de San Remo, Italia.

© Fulvio Eccardi

La certificación podría impulsar de manera importante la incipiente industria de la producción de cactáceas en el país

hábitats naturales. Paralelamente, se podrán exportar legalmente plantas con genotipos registrados y con denominación de origen; es decir, asegurar al comprador que determinada planta fue producida en México, que contiene "genes mexicanos" y que así contribuye a la protección de las poblaciones naturales y a la preservación de un recurso para disfrute y admiración de futuras generaciones.

Así, nos encontramos ante una oportunidad histórica de conservar estas especies de gran orgullo nacional y de crear los mecanismos necesarios para asegurar que estos recursos puedan ser disfrutados por las generaciones futuras. Si desaprovechamos esta oportunidad estaríamos contribuyendo a la creación de en un país sin identidad biológica y falto de oportunidades sociales y económicas para sus pobladores.



Astrophytum ornatum en flor.

© Rolando Bárcenas



Bibliografía

Bárcenas, R.T. 2003. Chihuahuan desert cacti in Mexico: an assessment of trade, management, and conservation priorities, en : *Prickly trade: trade and conservation of Chihuahuan Desert cacti*. C. S. Robbins. Washington D. C. TRAFFIC North America, II: 1-65. <http://www.traffic.org/news/press-releases/prickly_trade.html, en inglés y http://www.wwf.org.mx/wwfmex/archivos/traffic/050920_comercioespinoso.pdf, en español>

Hernández, H.M. y R.T. Bárcenas. 1995. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: I. Distribution patterns. *Conservation Biology,* 9(5): 1176-1188.

Hernández, H.M. y R.T. Bárcenas. 1996. Endangered cacti in the Chihuahuan Desert: II. Biogeography and conservation. *Conservation Biology,* 10 (4): 1200-1209.

Hernández, H.M. y C. Gómez-Hinostrosa. 2005. Cactus diversity and endemism in the Chihuahuan Desert Region, pp. 264-275 en: J. L. E. Cartron, G. Ceballos y R.S. Felger *Biodiversity, ecosystem and conservation in northern Mexico*. Oxford University Press, Oxford.

Hernández, H.M., C. Gómez-Hinostrosa y R.T. Bárcenas. 2001. Diversity, spatial arrangement, and endemism of Cactaceae in the Huizache area, a hot spot in the Chihuahuan Desert. *Biodiversity and Conservation*, 10: 1097-1112.

Hernández, H.M., C. Gómez-Hinostrosa y B. Goettsch Cabello. 2004. Cactáceas, pp.199-207 en: A. García Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas, *Biodiversidad de Oaxaca*. Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México.

Hunt, D. R. 1999. *CITES Cactaceae checklist*. Royal Botanic Gardens Kew e International Organization for Succulent Plant Studies.

Rickets, T.H., *et al*. 1999. *Terrestrial ecoregions of North America: a conservation assessment*. Island Press, Washington D.C.

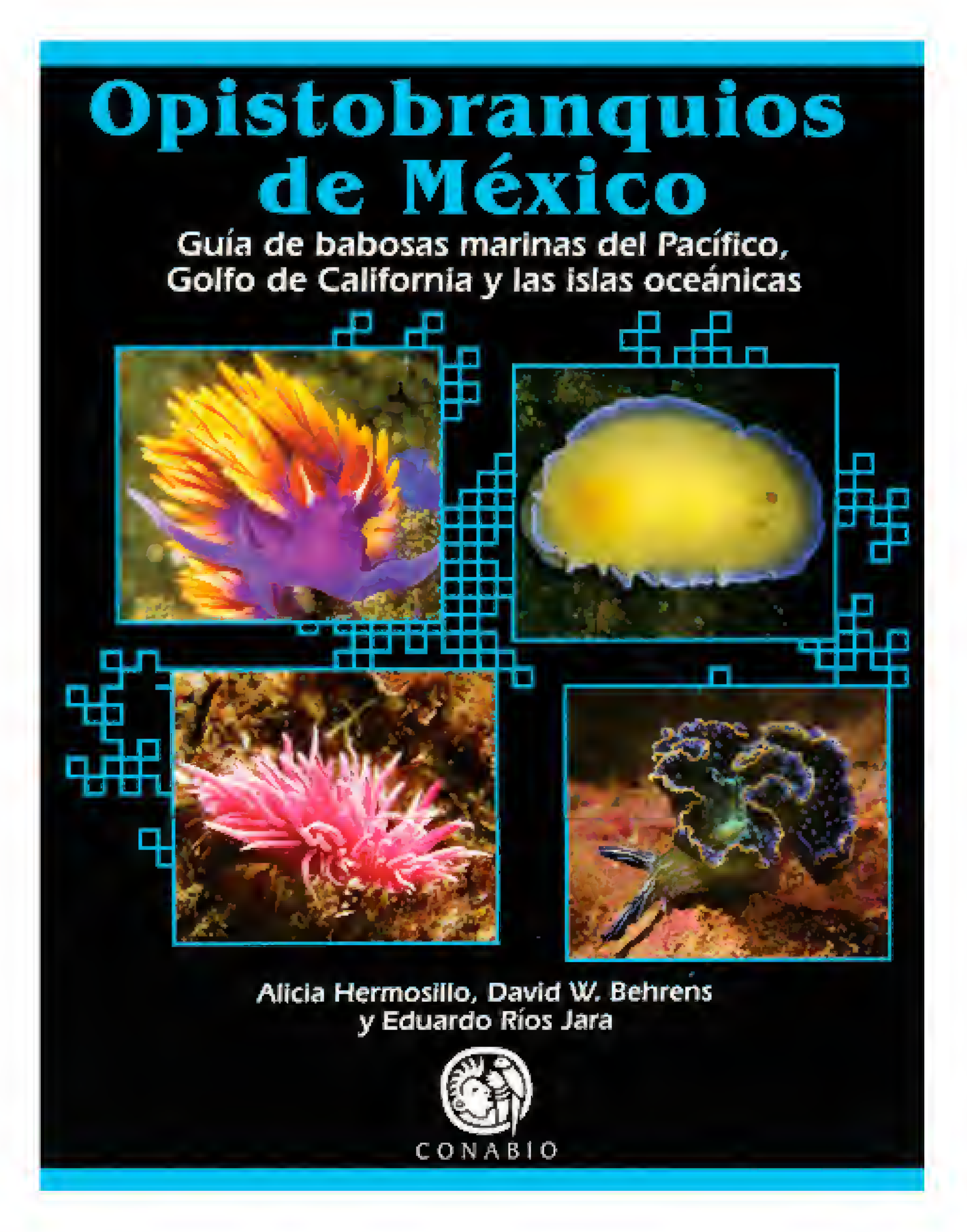
*Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales, Licenciatura en Biología <rtenoch@uaq.mx>

Opistobranquios de México

Los opistobranquios o babosas marinas se han descrito como unos de los animales más bellos del mar. Entre sus características más fascinantes está la diversidad de las formas y coloración de sus cuerpos, que varían desde formas que asemejan el sustrato en el que viven, hasta colores brillantes que anuncian su presencia. Las costas del Pacífico mexicano tienen una gran diversidad de especies de estos moluscos.

Alicia Hermosillo, David W. Behrens y Eduardo Ríos Jara ofrecen en este volumen información sobre varios aspectos de la vida de las babosas de mar, se puede aprender sobre su hábitat, su importancia comercial, su alimentación, sus órganos sensoriales o su respiración. También presentan temas como la colecta, la preservación e identificación, y la biogeografía. La guía está dividida en órdenes y subórdenes y cuenta con una ficha técnica de cada una de las especies registradas hasta ahora en la costa del Pacífico Mexicano, el Golfo de California y las islas oceánicas. Incluye más de 450 fotos y dibujos de moluscos opistobranquios. Su lenguaje es sencillo y está dirigido a buzos, fotógrafos profesionales o aficionados, biólogos y estudiantes.

Opistobranquios de México. Guía de babosas marinas del Pacífico, Golfo de California y las islas oceánicas es una publicación de la Conabio.





COMISIÓN NACIONAL
PARA EL CONOCIMIENTO
Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La Conabio tiene un centro de documentación e imágenes con libros, revistas, mapas, fotos e ilustraciones sobre temas relacionados con la biodiversidad; más de 3 000 títulos están disponibles al público para su consulta. Además distribuye cerca de 150 títulos que ha coeditado, que pueden adquirirse a costo de recuperación o donarse a bibliotecas que lo soliciten. Para mayor información, llame al teléfono 5004 5000, escriba a <cendoc@xolo.conabio.gob.mx>, o consulte los apartados de Centro de Documentación y de Publicaciones en la página web de la Conabio <www.conabio.gob.mx>.

La misión de la Conabio es promover, coordinar, apoyar y realizar actividades dirigidas al conocimiento de la diversidad biológica, así como a su conservación y uso sustentable para beneficio de la sociedad.

Los artículos reflejan la opinión de sus autores y no necesariamente la de la Conabio.
El contenido de *Biodiversitas* puede reproducirse siempre que se citen la fuente y el autor.
Certificado de Reserva otorgado por el Instituto Nacional de Derechos de Autor: 04-2005-040716240800-102. Número de Certificado de Licitud de Título: 13288. Número de Certificado de Licitud de Contenido: 10861.

Editor responsable: Fulvio Eccardi Ambrosi   Asistentes: Thalía Iglesias, Leticia Mendoza <biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx>
Producción: Gaia Editores, S.A. de C.V.   Diseño: Tools Soluciones Gráficas
Cuidado de la edición: Didier Héctor

Impresión: Artes Gráficas Panorama, S.A. de C.V., Avena 629 Col. Granjas México 08400 México, D.F.

COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD
Liga Periférico-Insurgentes Sur 4903, Parques del Pedregal, Tlalpan 14010 México, D.F.
Tel. 5004 5000, fax 5004 4931, www.conabio.gob.mx Distribución: nosotros mismos